

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-294006

(43)Date of publication of application : 11.11.1997

---

(51)Int.Cl.

H01P 1/36  
H01P 1/383

---

(21)Application number : 08-106862

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 26.04.1996

(72)Inventor : MARUSAWA HIROSHI  
TOMONO KUNISABURO  
TAKAGI HIROSHI

---

(54) IRREVERSIBLE CIRCUIT ELEMENT AND IRREVERSIBLE CIRCUIT DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease the number of parts and to simplify an assembling job for improvement of reliability by forming the resistors in a single body in a high frequency magnetic substance and also on at least one of its both sides.

SOLUTION: A magnetic rotor 21 contains center electrodes 12a to 12c buried in a microwave magnetic substance 22. A resistor 14 which is electrically connected a fetch electrode 15 and a coupling electrode 16 is contained in the substance 22 at the part under the electrodes 12a to 12c. A resistor paste layer is baked to the resistor 14 which is led out onto the end face 22a of the substance 22 via the electrode 15. Then a ground electrode 17 is formed under the resistor 14. Thus, the electrodes 12a to 12c serving as the transmission lines, the capacitive electrodes 13a to 13c, the resistor 14, etc., are constructed in a single body in the substance 22.



---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-294006

(43) 公開日 平成9年(1997)11月11日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 P	1/36		H 0 1 P	A
	1/383			A

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-106862

(22) 出願日 平成8年(1996)4月26日

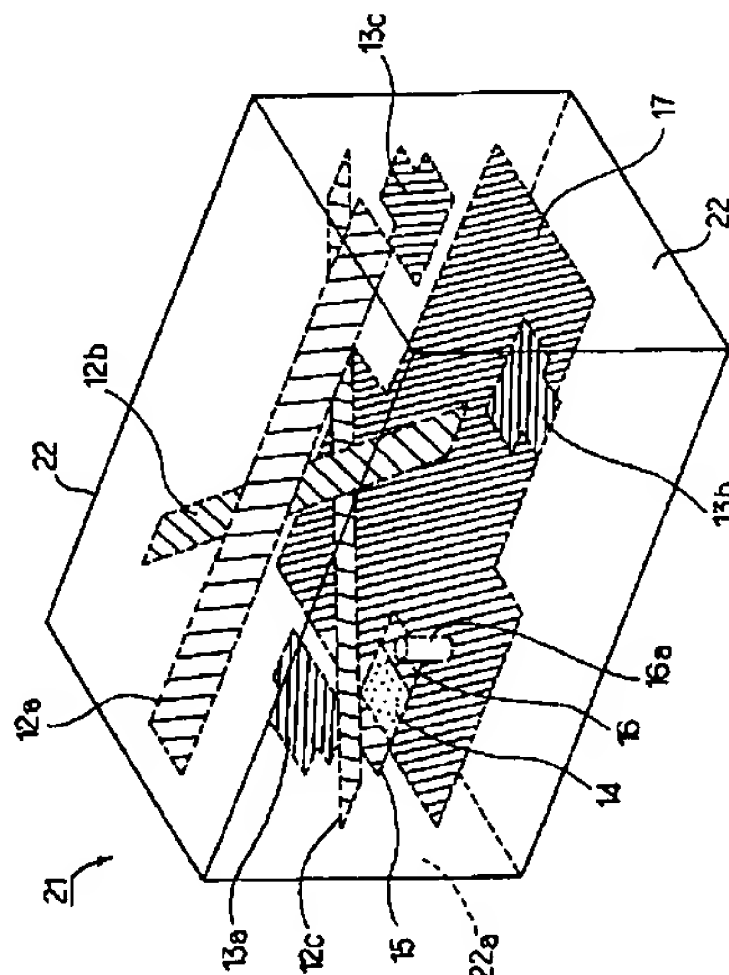
(71) 出願人 000006231  
株式会社村田製作所  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号  
(72) 発明者 丸澤 博  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(72) 発明者 伴野 国三郎  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(72) 発明者 鷹木 洋  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内  
(74) 代理人 弁理士 宮▼崎▲ 主税 (外1名)

(54) 【発明の名称】 非可逆回路素子及び非可逆回路装置

(57) 【要約】

【課題】 部品点数の低減及び組み立て作業の簡略化を果たすことができ、信頼性に優れており、かつ安価な非可逆回路素子を提供する。

【解決手段】 マイクロ波用磁性体22内に伝送線路としての中心電極12a~12cを形成してなり、該マイクロ波用磁性体22の内部及び表面の少なくとも一方に抵抗体14を一体に形成したことを特徴とする非可逆回路素子。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 高周波用磁性体と、

前記高周波用磁性体内に形成された伝送線路と、  
前記高周波用磁性体内及び表面の少なくとも一方に一体的に形成された抵抗体とを備えることを特徴とする、非可逆回路素子。

【請求項2】 前記高周波用磁性体が、マイクロ波用フェライトにより構成されている、請求項1に記載の非可逆回路素子。

【請求項3】 前記マイクロ波用フェライトが、カルシウムバナジウム鉄ガーネットであり、前記抵抗体がカルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末と、パラジウム及び白金粉末の少なくとも一方とを含む抵抗ペーストを焼成することにより構成されており、前記マイクロ波用フェライトと前記抵抗体とが一体的に焼成されている、請求項2に記載の非可逆回路素子。

【請求項4】 高周波用磁性体及び伝送線路を有する磁気回転子と、抵抗体とを備える非可逆回路装置において、  
前記抵抗体が前記高周波用磁性体の表面及び内部の少なくとも一方に形成されており、該高周波用磁性体と一体的に構成されていることを特徴とする、非可逆回路装置。

【請求項5】 抵抗ペースト層が一方面に形成された磁性体グリーンシート及び伝送線路が一方面に形成された磁性体グリーンシートを含む複数枚の磁性体グリーンシートを積層し積層体を得る工程と、  
前記積層体を焼成し、抵抗ペースト層及び磁性体を一体焼成する工程とを備えることを特徴とする、請求項1に記載の非可逆回路素子の製造方法。

【請求項6】 前記磁性体グリーンシートとして、カルシウムバナジウム鉄ガーネットを主体とするグリーンシートを用い、前記抵抗ペーストとして、カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末と、パラジウム粉末及び白金粉末の少なくとも一方とを含むものを用いる、請求項5に記載の非可逆回路素子の製造方法。

【請求項7】 前記高周波用磁性体上に、抵抗性組成物からなる抵抗ペーストを付与し、固化することを特徴とする、請求項1に記載の非可逆回路素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばサーキュレータやアイソレータなどに代表される非可逆回路素子に関し、特に、抵抗体が一体化されて小型化が可能とされている高周波用非可逆回路素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、移動体通信機器等の高周波機器の小型化や汎用化が進んでおり、これらに用いられる非可逆回路素子においても小型化及び低コスト化が求められている。この種の非可逆回路素子としては、電氣的に互

いに絶縁されており、かつ互いに交差するように配置された複数の中心電極を有し、該複数の中心電極の上部及び下部にマイクロ波用磁性体を配置し、さらに永久磁石により直流磁界が印加されるように構成された素子、いわゆる集中定数型サーキュレータやアイソレータなどが知られている。

【0003】上述した従来の非可逆回路素子の一例を、図1を参照して説明する。図1は、従来の非可逆回路素子の一例を説明するための分解斜視図である。この非可逆回路素子では、ストリップ状の中心電極1a～1cが互いに交差するように配置されている。なお、図1では必ずしも明確ではないが、中心電極1a～1cは、互いに電氣的に絶縁されている。すなわち、中心電極1a～1cを構成する帯状の導体の表面に絶縁処理を施すことにより、あるいは中心電極1a～1c間に絶縁性シート等を介在させることにより、中心電極1a～1c間は互いに電氣的に絶縁されている。

【0004】上記中心電極1a～1cは、円板状のマイクロ波用フェライト2、3により挟持されている。マイクロ波用フェライト2、3で中心電極1a～1cを挟持した構造体が、アルミナ基板4、アース板5及び磁気ヨーク6、7で挟持されて非可逆回路素子内に収納される。

【0005】アルミナ基板4は、中央に上記マイクロ波用フェライト2、3を用いて構成した構造体が収納される部分を形成するための開口4aを有する。また、アルミナ基板4上には、整合用容量を構成するための容量電極4b、4c並びに抵抗体4dが形成されている。抵抗体4dは、電極4e、4f間に半田等を用いて接合されている。

【0006】アース板5は、金属板よりなり、アース電位に接続されるように構成されている。また、磁気ヨーク6、7は、それぞれ、金属板を折り曲げ加工することにより形成されており、磁気ヨーク6の側面6a、6bに、磁気ヨーク7の側面7a、7bが埋め込まれるように構成されている。なお、磁気ヨーク7の下面には、想像線で示すように、永久磁石8が固定されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来の非可逆回路素子では、上記のように抵抗体4dが実装されたアルミナ基板4が用いられている。しかしながら、近年、マイクロ波用非可逆回路素子の小型化に伴って、中心電極1a～1cの長さが数mm程度と小さくなってきている。その結果、中心電極1a～1cが設けられている部分だけでなく他の部分も小型化が強く求められている。従って、手作業による組み立てが困難となってきており、中心電極1a～1cの位置ずれなどの組み立て不良が増加したり、信頼性が低下したり、あるいは製造コストが高くてくといった問題が生じている。

【0008】すなわち、図1に示した非可逆回路素子で

は、上記アルミナ基板4、マイクロ波用磁性体2、3で中心電極1a～1cを挟持した構造及び抵抗体4dの実装などの種々の作業を手作業で行わねばならなかった。よって、組み立て部品点数が多いため、非可逆回路素子の低コスト化に限界が生じており、より一層の低コスト化は困難であった。

【0009】本発明の目的は、抵抗体が組み合わされた非可逆回路素子の構造の簡略化を果たすことができ、少ない部品点数で製造することができ、小型であり、かつ信頼性に優れた安価な高周波用非可逆回路素子を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の非可逆回路素子は、高周波用磁性体と、前記高周波用磁性体内に形成された伝送線路と、前記高周波用磁性体内及び表面の少なくとも一方に一体的に形成された抵抗体とを備えることを特徴とする非可逆回路素子であり、それによって上記課題を達成するものである。

【0011】本発明に係る非可逆回路素子では、伝送線路が形成された高周波用磁性体の内部及び表面の少なくとも一方に抵抗体が一体的に形成されているため、抵抗体を含む非可逆回路素子を単一の部品として取り扱うことができるため、磁気ヨークや永久磁石等と組み合わせた非可逆回路装置の構造の簡略化及び部品点数の低減を図ることができ、かつ組み立て作業も容易となる。

【0012】すなわち、本発明は、非可逆回路素子において用いられる高周波用磁性体内もしくは磁性体表面に、上記抵抗体をも一体に形成したことに特徴を有する。本発明において、上記高周波用磁性体は、高周波用途に適した適宜の磁性材料により構成することができるが、例えば、マイクロ波用フェライトを用いて構成することができる。このマイクロ波用フェライトとしては、例えば、カルシウムバナジウム鉄ガーネット、イットリウム鉄ガーネットなどを挙げることができる。

【0013】本発明の特定の局面では、上記マイクロ波用フェライトがカルシウムバナジウム鉄ガーネットにより構成され、上記抵抗体が、カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末とパラジウム及び白金粉末の少なくとも一方を含む抵抗ペーストを焼成することにより構成されており、それによってマイクロ波用フェライトと抵抗体とが一体に焼成されている。抵抗体が、マイクロ波用フェライトの主成分であるカルシウムバナジウム鉄ガーネットを含有している場合には、焼成により抵抗体がマイクロ波用フェライトに強固に接合されて一体化され得る。

【0014】また、本発明の非可逆回路装置は、高周波用磁性体及び伝送線路を有する磁気回転子と、抵抗体とを備える構成において、抵抗体が高周波用磁性体の表面及び内部の少なくとも一方に形成されて高周波用磁性体と一体に構成されていることを特徴とする。すなわち、本発明に係る非可逆回路装置とは、上記本発明に係る非

可逆回路素子を含む装置であり、特に限定はされないが、例えば、マイクロ波用磁性体部分に磁界を印加するための永久磁石や磁気ヨーク等を組み合わせて構成される。

【0015】本発明の非可逆回路素子の製造方法は、上記本発明に係る非可逆回路素子を得るための方法であり、抵抗ペースト層が一方面に形成された磁性体グリーンシート及び伝送線路が一面に形成された磁性体グリーンシートを含む複数枚の磁性体グリーンシートを積層し、積層体を得る工程と、この積層体を焼成し、抵抗ペースト層及び磁性体を一体焼成する工程とを備えることを特徴とする。

【0016】すなわち、本発明に係る非可逆回路素子の製造方法は、上記のように積層コンデンサなどで慣用されているセラミックス積層・一体焼成技術を用いている。従って、抵抗ペーストの印刷精度や伝送線路の形成精度を高めることにより、小型化を図った場合でも精度が高くかつ信頼性に優れた非可逆回路素子を容易に得ることができる。

【0017】好ましくは、上記磁性体グリーンシートとして、カルシウムバナジウム鉄ガーネットを主体とするグリーンシートが用いられ、抵抗ペーストとしてはカルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末と、パラジウム粉末及び白金粉末の少なくとも一方とを含むものが用いられ、この場合には、抵抗体が、磁性体層と同一材料を含有しているため、抵抗体層と磁性体とが強固に一体化される。

【0018】なお、マイクロ波用フェライトとして、イットリウム鉄ガーネットを用いた場合には、抵抗ペーストについても、イットリウム鉄ガーネット粉末と、パラジウム及び／または白金粉末を含有するものを用いることにより、抵抗体層と磁性体層との密着構造を効果的に高め得る。

【0019】また、本発明の非可逆回路素子の製造方法においては、高周波用磁性体を予め焼成等により得た後に、該高周波用磁性体上に抵抗性組成物からなる抵抗ペーストを付与し、固化させて抵抗体を形成してもよい。この場合には、抵抗ペーストを付与し、溶剤等を乾燥させることにより固化し、抵抗体を形成してもよく、あるいは抵抗ペーストを磁性体上に塗布した後、抵抗ペーストを焼き付けることにより固化して抵抗体を形成してもよい。

【0020】

【発明の実施の形態】図2～図4を参照して、本発明の非可逆回路素子の製造方法及び本発明に係る非可逆回路素子の一例を説明する。

【0021】まず、図2に分解斜視図で示すように、複数枚の磁性体グリーンシート11a～11iを用意する。なお、磁性体グリーンシート11a, 11e, 11iは、図2に示されているように、それぞれ、複数枚用

いられている。磁性体グリーンシート11a~11iは、マイクロ波用フェライト、例えばカルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末に有機バインダ及び溶剤を混練して得られるスラリーをシート成形することにより得ることができる。磁性体グリーンシート11a、11iは、後述する焼成体の上方及び下方の磁性体層を構成するために設けられている。

【0022】磁性体グリーンシート11b~11dの上面には、それぞれ、中心電極12a、12b、12cが形成されている。中心電極12a~12cはストリップ状の形状を有し、かつ積層された状態で上方から見た際に互いに120度の角度をなすように交差されている。また、中心電極12a~12cは、例えばパラジウムもしくは白金粉末などの導電性粉末を含む導電ペーストを磁性体グリーンシート11b~11d上にスクリーン印刷等により付与することにより形成されている。

【0023】磁性体グリーンシート11f上には、それぞれ、整合容量を形成するための容量電極13a~13cが形成されている。容量電極13a~13cは、図2に示すように、それぞれ、磁性体グリーンシート11fの異なる端縁に引き出されている。容量電極13aは、上方の中心電極12aの一方端と上下方向に重なる位置に引き出されている。また、容量電極13bは、中心電極12bの一端と上下方向に重なり合う位置に引き出されている。容量電極13cは、中心電極12cの一端と上下方向に重なり合う位置に引き出されている。

【0024】容量電極13a~13cについても、上記導電ペーストを印刷することにより形成することができる。容量電極13a~13cは、後述のアース電極17との間で静電容量を取り出すために形成されている。容量電極13a~13cとアース電極17とで取り出される静電容量により、整合容量を調整することができる。すなわち、容量電極13a~13cの面積を調整することにより、あるいは磁性体グリーンシート11fと磁性体グリーンシート11gとの間に、さらに1枚以上の適宜の枚数の磁性体グリーンシートを挿入することにより整合容量の大きさを調節し得る。従って、整合容量の調整を容易に図り得ることがわかる。

【0025】整合容量を構成するための容量電極13a~13cが設けられている部分と、前述した中心電極12a~12cが設けられている部分との間を隔てるために、複数枚の磁性体グリーンシート11eが挿入されている。

【0026】他方、磁性体グリーンシート11fの下方には、磁性体グリーンシート11gが配置される。磁性体グリーンシート11g上には、抵抗体ペースト層14及び取り出し電極15及び接続電極16が形成されており、これらの電極15、16間に抵抗ペースト層14が形成されている。また、接続電極16はスルーホール導体16aにより下方のアース電極17に接続されてい

る。抵抗ペースト層14は、抵抗体を構成するために印刷されているものであり、例えば、カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末と、パラジウム及び白金粉末の少なくとも一方とを含む抵抗ペーストを用いて構成される。好ましくは、カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末を5~90重量%、パラジウム及び/または白金粉末を95~5重量%含有するように構成することにより、抵抗ペースト層14が焼き付けられて構成された抵抗体と磁性体グリーンシートが焼き付けられて構成される磁性体層との密着強度を高め得る。

【0027】なお、抵抗ペースト層14において、カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末の含有割合が5重量%未満の場合には、磁性体層との密着強度を高める効果を十分に得ることができないことがあり、他方、90重量%を超えると抵抗値が高くなりすぎ、目的とする抵抗体を構成し得ないことがある。

【0028】なお、上記カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末と、白金及び/またはパラジウム粉末との含有割合を変化させることにより、抵抗体ペースト層14により構成される抵抗体の比抵抗値を容易に調整することができる。また、抵抗体ペースト層14の形成される面積や厚みを変更することによっても、抵抗体より得られる抵抗値を容易に調整することができる。

【0029】磁性体グリーンシート11gの下方には、磁性体グリーンシート11hが配置されており、該磁性体グリーンシート11hの上面には、アース電極17が形成されている。アース電極17は、上記容量電極13a~13cと厚み方向に対向し合うように形成されており、かつ容量電極13a~13cが引き出されている部分とは上下方向に重ならない位置に引き出されている。また、アース電極17は、中心電極12a、12b、12cの一方の端部が引き出されている部分と上下方向に重なる位置に引き出されている。

【0030】また、上記取り出し電極15は、端面22a上において、中心電極12a及び容量電極13aと上下方向に重なる位置に引き出されている。接続電極16は、スルーホール導体16aによりアース電極17に接続されている。アース電極17は、上述した導電ペーストを全面に印刷等により付与することにより形成することができる。

【0031】図2に示した磁性体グリーンシート11a~11iを図2に示した向きのまま積層し、厚み方向に圧着することにより積層体を得ることができる。このようにして得られた積層体を所望の平面形状を有するように切断し、さらに、例えば1250~1500℃程度の温度で焼成することにより、伝送線路としての中心電極12a~12c並びに整合容量を構成するための容量電極13a~13c並びに抵抗体ペースト層14とが一体化された磁気回転子を得ることができる。

【0032】図3は、上記のようにして得られた磁気回

転子の内部構造を略図的に示す斜視図である。磁気回転子21は、マイクロ波用磁性体22内に中心電極12a～12cを埋設した構造を有する。また、マイクロ波用磁性体22内においては、中心電極12a～12cが設けられている部分よりも下方において、前述した容量電極13a～13cが配置されている。

【0033】また、容量電極13a～13cが形成されている部分よりも下方において、抵抗体14が取り出し電極15及び接続電極16と電気的に接続された状態で形成されている。抵抗体14は、上述した抵抗体ペースト層14が焼き付けられて構成されたものであり、取り出し電極15により磁性体22の端面22aに引き出されている。

【0034】さらに、抵抗体14が形成されている部分よりも下方において、アース電極17が形成されている。実際の製造に際しては、上述した積層体を焼成した後、磁性体22の側面及び端面を研磨することにより、中心電極12a～12c、容量電極13a～13c及び取り出し電極15の端部が確実に露出される。

【0035】上記のように、磁気回転子21からなる本発明に係る非可逆回路素子では、伝送路としての中心電極12a～12c、整合容量を得るための容量電極13a～13c並びに抵抗体14などがマイクロ波用磁性体22内に一体的に構成されている。

【0036】従って、図3に示した磁気回転子21を用意すれば、例えば、図4に示すように、上記磁気回転子21の上方に矩形の永久磁石23を配置し、さらに上下から磁気ヨーク24、25を組み合わせることにより、高周波用磁性体及び伝送線路を有する磁気回転子と、抵抗体とを備える非可逆回路装置を容易に組み立てることができる。すなわち、非可逆回路素子の部品点数の低減及び組み立て作業の簡略化を果たし得ることがわかる。

【0037】なお、図4において、26a～26fは、それぞれ外部電極を示す。外部電極26aは、中心電極12aの一端、容量電極13a及び取り出し電極15に電気的に接続されている。外部電極26bは、中心電極12cの一端、及びアース電極17に電気的に接続されている。外部電極26cは、中心電極12bの一端及び容量電極13bに電気的に接続されている。外部電極26dは、中心電極12aの他端、及びアース電極17に電気的に接続されている。

【0038】外部電極26eは、中心電極12cの一端、容量電極13cを電気的に接続している。外部電極26fは、中心電極12bの一端、及びアース電極17を電気的に接続している。

【0039】加えて、上記磁気回転子21を製造する工程は、前述したように積層セラミックコンデンサなどの製造に際して慣用されている一体焼成技術が用いられているため、小型化を図った場合においても、中心電極12a～12cの寸法や形成位置の精度、並びに容量電極

13a～13cや抵抗体14の形成位置や寸法精度を確実に高め得る。すなわち、より小型でかつ信頼性に優れた非可逆回路素子を提供することができる。

【0040】なお、図2～図4を参照して説明した例では、抵抗体14がマイクロ波用磁性体22内に形成されていたが、図5に示すように、抵抗体14は、マイクロ波用磁性体22の上面などの表面に形成されていてもよい。なお、図5は、マイクロ波用磁性体22の上面22bに抵抗体14を形成した構造を説明するために示した略図的斜視図であり、マイクロ波用磁性体22の内部構造は簡略化してあるが（アース電極17は図示を省略）、抵抗体14、取り出し電極15及び接続電極16が設けられている部分を除けば、図3に示した磁気回転子21と同様に構成されている。

【0041】

【実施例】次に、具体的な実験例に基づき、本発明を明らかにする。

#### 実施例1

焼成後に酸化カルシウム、酸化イットリウム、酸化鉄及び酸化バナジウムを主成分とするカルシウムバナジウム鉄ガーネットとなる仮焼粉末を用意した。上記カルシウムバナジウム鉄ガーネット仮焼粉末を粉砕し、バインダとしてのポリビニルブチラール、有機溶剤、分散剤及び可塑剤と共に混合し、磁性体スラリーを得た。

【0042】得られた磁性体スラリーを用い、ドクターブレード法により、カルシウムバナジウム鉄ガーネットからなる磁性体グリーンシートを作製し、矩形形状に打ち抜いた。

【0043】上記のようにして用意した磁性体グリーンシートは、図2に示した磁性体グリーンシート11a～11iと同様の形状を有する。このようにして用意した磁性体グリーンシートのうち、3枚のグリーンシートにおいて、それぞれ、パラジウムペーストを印刷し、中心電極12a～12cを形成した。

【0044】さらに、上記カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末と、パラジウム粉末とを含む抵抗ペーストを用い、磁性体グリーンシート11g上に抵抗体ペースト層14を印刷した。また、磁性体グリーンシート11gにはスルーホール導体16aを形成するための貫通孔が形成されており、上記パラジウムペーストを用いて取り出し電極15及び接続電極16をスクリーン印刷により磁性体グリーンシート11g上に印刷することにより、スルーホール導体16aを上記貫通孔に形成した。

【0045】さらに、磁性体グリーンシート11f上には、パラジウムペーストを用い、それぞれ、容量電極13a～13cを印刷した。上記のようにして各種電極あるいは抵抗体ペースト層が形成された磁性体グリーンシートを、無地の磁性体グリーンシートと共に図2に示すように積層し、厚み方向に圧着した後、所望の寸法に打ち抜き、積層体を得た。得られた積層体を、約400℃



の温度で10時間脱脂した後、1250～1500℃の温度で焼成し、図3に示したマイクロ波用磁性体22を得た。

【0046】次に、上記マイクロ波用磁性体22の側面を研磨し、中心電極12a～12cや取り出し電極15などを側面に露出させると共に、マイクロ波用磁性体の側面にガラスフリット含有導電ペーストを塗布し焼き付けることにより図4に示した外部電極26a～26fを形成した。

【0047】さらに、図4に示したように、永久磁石23を上部に配置し、さらに磁気ヨーク24、25で磁気閉回路を構成することにより非可逆回路装置を組み立てた。

【0048】得られた非可逆回路装置を、磁場6000～11000(Oe)で着磁することにより、この非可逆回路装置はアイソレータとして動作し得ることが確かめられた。

#### 【0049】実施例2

実施例1と同様にして、中心電極が印刷された複数枚の磁性体グリーンシートを用意した。もっとも、図2に示す磁性体グリーンシート11gを除く他の磁性体グリーンシート11a～11f、11h、11iを用意し、図2に示すように積層した。このようにして得られた積層体を厚み方向に圧着した後、所定寸法に打ち抜き、積層体を得た。得られた積層体を、実施例1と同様にして焼成し、マイクロ波用磁性体を得た。

【0050】しかる後、得られたマイクロ波用磁性体の端面を実施例1と同様にして研磨し、中心電極及び容量電極13a～13cを露出させ、さらにマイクロ波用磁性体の側面に実施例1と同様にして外部電極26a～26fを形成した。

【0051】次に、上記のようにして得られたマイクロ波用磁性体の上面に、二酸化ルテニウムと、ガラス粉末及び有機溶剤を混合してなる抵抗ペーストを用いて抵抗ペースト層を印刷し、さらに導電ペーストからなる取り出し電極を印刷した。次に、500～1000℃で熱処理することにより、上記抵抗ペースト層及び導電ペースト層を焼き付け、図5に示した磁気回転子31を得た。

【0052】実施例2で得られた磁気回転子31についても、永久磁石を上下に配置し、かつ磁気ヨークを用いて磁気閉回路を構成し、非可逆回路装置を作製したところ、磁場600～11000(Oe)で着磁することによりアイソレータとして動作させ得ることが確かめられた。

#### 【0053】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、高周波用磁性体内及び表面の少なくとも一方に抵抗体が一体的に形成されているため、高周波用磁性体、伝送線路及び抵抗体が一体化された非可逆回路素子を提供することができる。この非可逆回路素子では、抵抗体が高周波用磁

性体と一体化されているため、半田付け等の作業が必要となる抵抗体の実装作業を省略することができ、かつ抵抗体の電氣的接続の信頼性も高め得る。加えて、抵抗体が伝送線路や高周波用磁性体と一体化されているため、非可逆回路素子を用い、さらに永久磁石や磁気ヨーク等と組み合わせて非可逆回路装置を構成する際の組み立て作業の簡略化も果たし得る。

【0054】よって、請求項1に記載の発明によれば、高周波用非可逆回路素子や非可逆回路装置に必要な部品点数の低減と組み立て作業の簡略化を図ることができ、かつこれらの信頼性も効果的に高め得る。

【0055】請求項3に記載の発明に係る非可逆回路素子では、マイクロ波用フェライトがカルシウムバナジウム鉄ガーネットであり、抵抗体がパラジウム及び／または白金粉末とカルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末とを用いて構成されているため、抵抗体が磁性体に対して強固に接合される。

【0056】請求項5に記載の発明に係る非可逆回路素子の製造方法では、抵抗ペースト層が形成された磁性体グリーンシート及び伝送線路が形成された磁性体グリーンシートを含む複数枚の磁性体グリーンシートを用い、積層・一体焼成技術により、請求項1に記載の発明に係る非可逆回路素子を容易に得ることができる。

【0057】特に、請求項6に記載のように、磁性体グリーンシートとして、カルシウムバナジウム鉄ガーネットを主体とするグリーンシートを、抵抗ペーストとして、カルシウムバナジウム鉄ガーネット粉末と、パラジウム粉末及び白金粉末の少なくとも一方を含むものを用いれば、磁性体グリーンシートが焼き付けられて構成される磁性体層と、抵抗ペーストが焼き付けられて構成される抵抗体との密着性を効果的に高め得る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来の非可逆回路素子の分解斜視図。

【図2】本発明の非可逆回路素子の製造方法を説明するための分解斜視図。

【図3】本発明の磁気回転子を示す斜視図。

【図4】図3に示した磁気回転子に永久磁石及び磁気ヨークを組み合わせた非可逆回路装置を説明するための分解斜視図。

【図5】本発明の非可逆回路素子の他の例を示し、マイクロ波用磁性体の上面に抵抗体が設けられている例を示す略図的斜視図。

#### 【符号の説明】

11a～11i…磁性体グリーンシート

12a～12c…中心電極

13a～13c…容量電極

14…抵抗ペースト層(抵抗体)

15…取り出し電極

21…磁気回転子

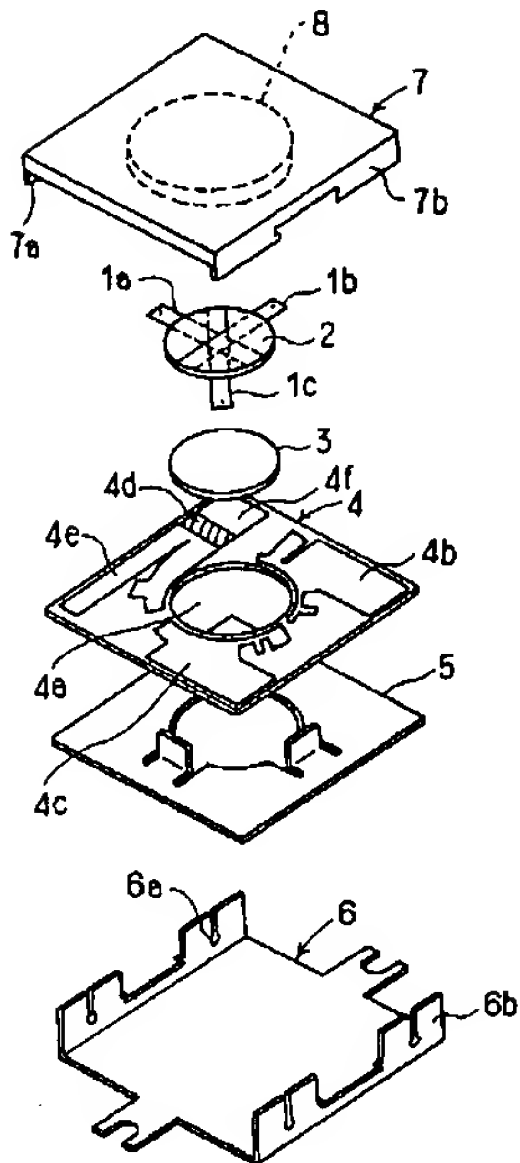
22…マイクロ波用磁性体

23...永久磁石

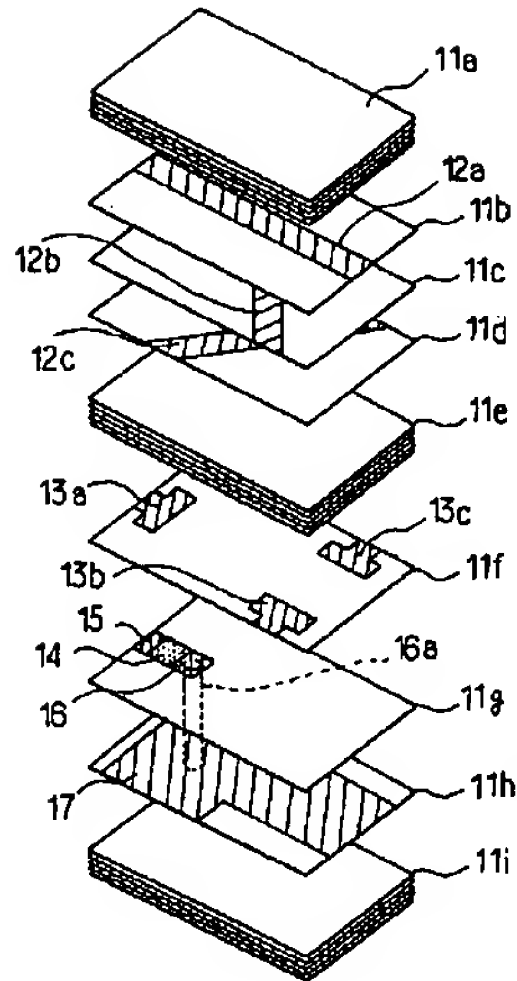
31...磁気回転子

24, 25...磁気ヨーク

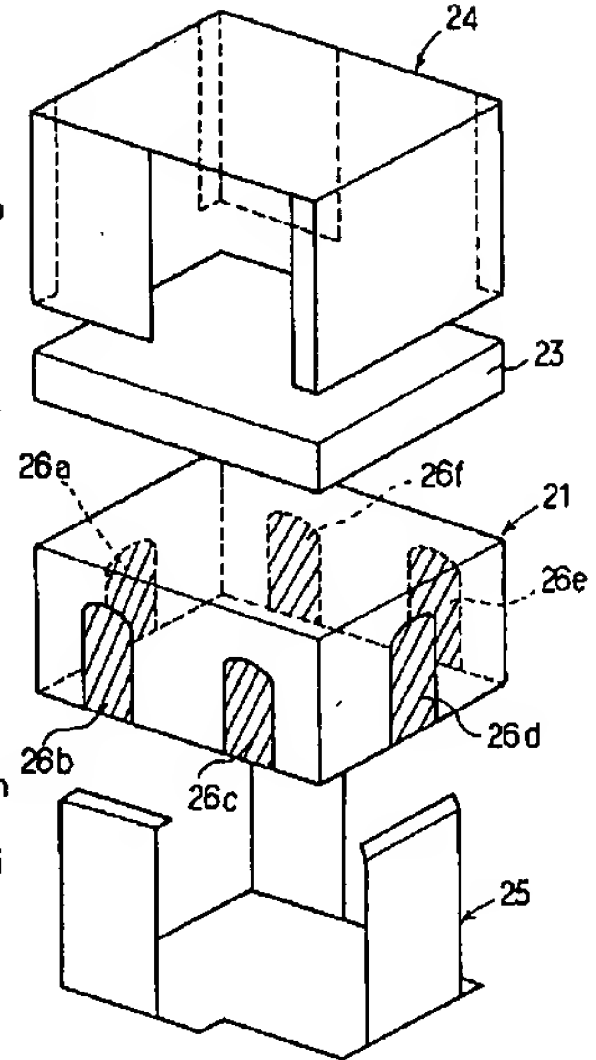
【図1】



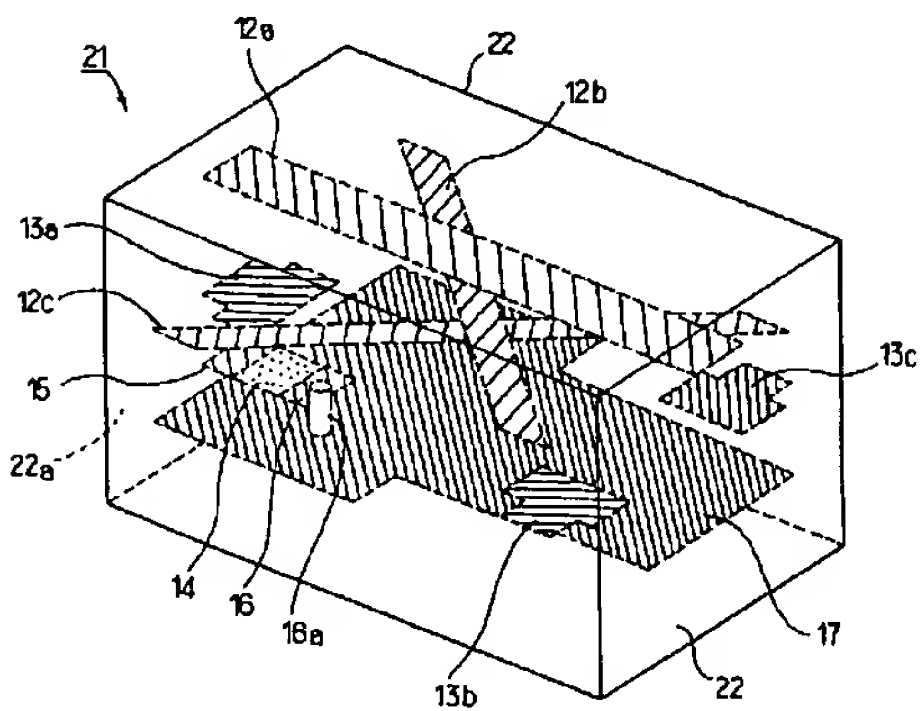
【図2】



【図4】



【図3】





【図5】

